

Муллалакская ГЭС на реке Пскем

Беллендир Е. Н., доктор техн. наук, генеральный директор,
Александров А. В.¹, кандидат техн. наук,
главный инженер проекта (АО “Институт Гидропроект”)

Приводятся сведения о природных условиях района строительства Муллалакской ГЭС, об основных компоновочных решениях и о параметрах гидроузла.

Ключевые слова: створ, плотина, асфальтобетонная диафрагма, бетонная плотина, здание ГЭС.

Mullalaq Hydro Power Plant on the river Pskem

Bellendir E. N., PhD,
Aleksandrov A. V.¹, Candidate of Technical Sciences,
design project manager (JSC “Institute Hydroproject”)

Information is given on the environment, natural conditions, the main layout solutions and parameters of the Mullalaq Hydro Power Plant.

Keywords: dam gate, dam, asphalt concrete diaphragm, concrete dam, power plant house.

Р. Пскем находится на территории Республики Узбекистан и является правым притоком р. Чирчик, впадая в неё в зоне водохранилища существующего Чарвакского гидроузла. В настоящее время р. Пскем, наряду с левым притоком Чирчика р. Чаткал, является одной из немногих зон развития гидротехнического строительства Республики Узбекистан в области энергетики. В настоящее время на р. Пскем начато строительство Пскемской ГЭС установленной мощностью 400 МВт, выполняются рекогносцировочные обследования и проектно-изыскательские работы по максимально полному освоению гидроэнергетического потенциала реки.

Муллалакская ГЭС является первой ступенью каскада ГЭС на р. Пскем и располагается на участке между строящейся Пскемской ГЭС и существующей Чарвакской ГЭС. Отметка НПУ Муллалакской ГЭС принята с учётом отметки нижнего бьефа Пскемской ГЭС, для которой водохранилище Муллалакской ГЭС выполняет роль контррегулятора (рис. 1).

Разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) “Строительство Муллалакской ГЭС на реке Пскем в Бостанлыкском районе Ташкентской области” была выполнена АО “Институт Гидропроект” в 2020 – 2022 гг. в соответствии с Техническим заданием АО “УзбекГидроЭнерго” (Дирекция № 4); в феврале 2023 г. по разработанному ТЭО получено положительное заключение ГУП “Центра

комплексной экспертизы проектов и импортных контрактов” Республики Узбекистан (РУз).

В рамках технического задания были рассмотрены варианты размещения створа плотины на рекомендуемом участке, а также варианты грунтовых и бетонных плотин с различными компоновочными решениями гидроузла. Варианты грунтовых плотин были рассмотрены в опциях каменнонабросной плотины с суглинистым ядром, каменнонабросной плотины с железобетонным экраном и каменнонабросной плотины с асфальтобетонной диафрагмой [4]. Варианты бетонных плотин были рассмотрены в опциях плотины из укатанного бетона и бетонной секционной плотины из вибрированного бетона.

В рамках отраслевых научно-технических советов (ОНТС) заказчика дополнительно было рекомендовано использовать ёмкость водохранилища для ирригационных целей РУз, что привело к ряду изменений компоновочных решений водосбросной части гидроузла. В настоящей статье рассматривается принятый “Центром комплексной экспертизы проектов и импортных контрактов” бетонный вариант плотины Муллалакской ГЭС.

Для размещения сооружений Муллалакской ГЭС рассматривался участок р. Пскем, утверждённый в “Схеме энергетического использования реки Пскем” (1981) [1]. Участок длиной около 5,7 км со средним падением около 6 м/км расположен между двумя левобережными притоками: р. Муллалысай и р. Мачитасгонсай. Отметка НПУ Муллалакской ГЭС (978,00 м) определена в Схеме с учётом расположения сооружений вышележащей Пскемской ГЭС [2, 3].

¹ a.aleksandrov@mail.ru

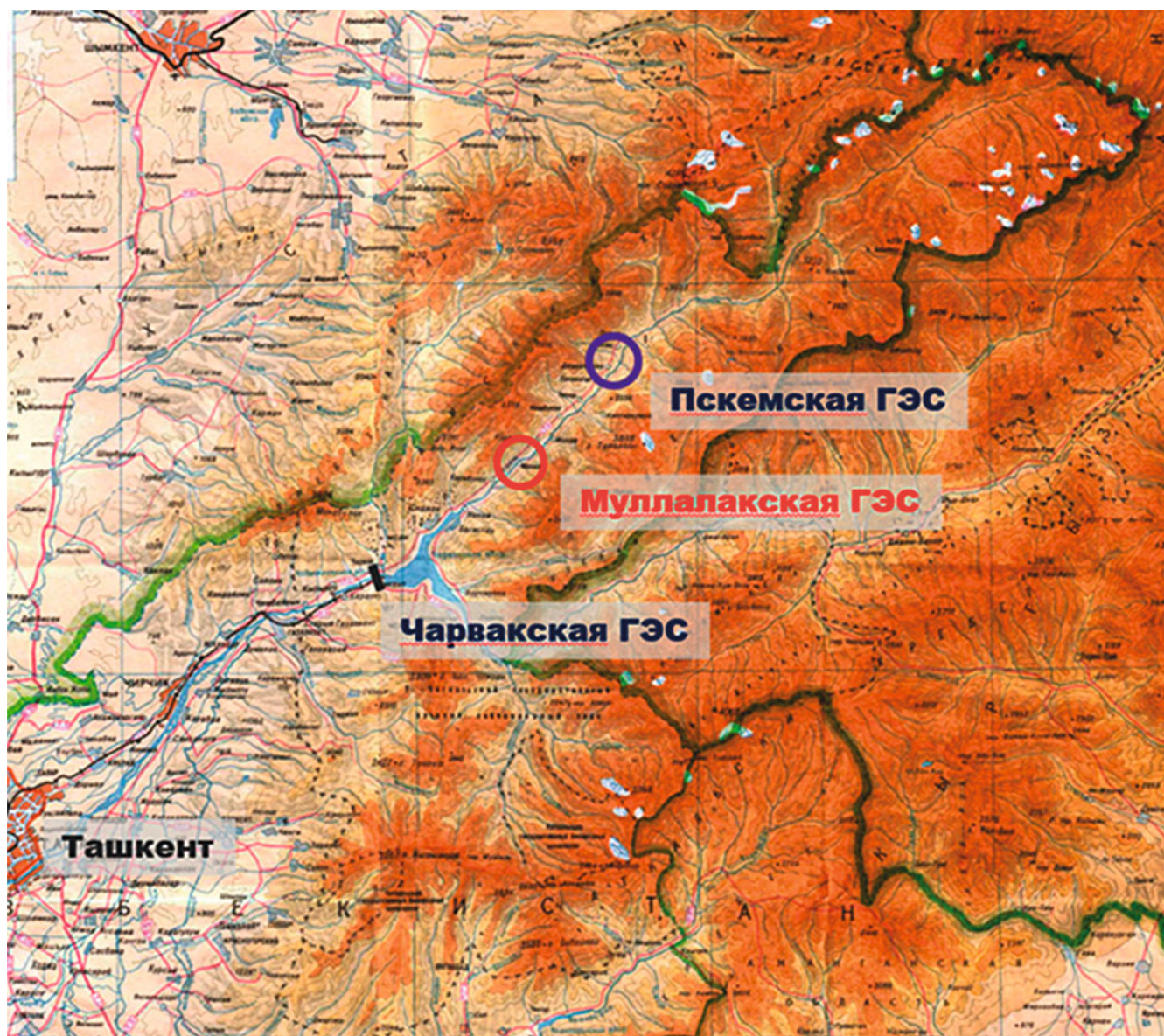


Рис. 1. Схема размещения ГЭС на р. Пскем

Выбор створов головного водозаборного узла и площадок размещения ГЭС выполнен на основе топографических планов М 1:10000, имеющейся геологической информации и рекогносцировочного обследования участка размещения сооружений. По топографическим условиям на рассматриваемом участке нет выраженных створов, ширина руслового каньона на всём протяжении практически одинакова.

Основными ограничениями по размещению сооружений являются инженерно-геологические условия. По предварительным данным, Пскемский надвиг, по которому возможны современные подвижки, пересекает русло р. Пскем выше впадения правого притока р. Каусай, далее предположительно идёт по руслу реки и выходит на правый берег через примерно через 500 м (рис. 2).

Ширина долины в пределах предполагаемых створных участков наибольшая в районе поселка

Муллала, где она составляет около 1,5 км на отметках 1000 – 1100 м.

Днище долины образуют верхнечетвертичные террасы р. Пскем, поверхность которых перекрыта конусами выносов временных потоков, осыпями, а также отложениями тела позднечетвертичного Муллалакского оползня, объёмом около 30 – 40 млн. м³ и мощностью до 150 м.

Борта долины выше абсолютных отметок 1100 – 1120 м повсеместно сложены палеозойскими известняками. На правом берегу р. Пскем это карбонатная толща, представленная массивными серыми известняками нижнетурнейского подъяруса, коксуйской свиты (C_{12kk}) мощностью 1760 – 2500 м.

Левый борт долины сложен толщей карбонатных пород кибрайской свиты (C_{1vkb}) мощностью от 1930 до 2580 м, представленной тонко- и средне-слоистыми известняками светло-серого цвета с

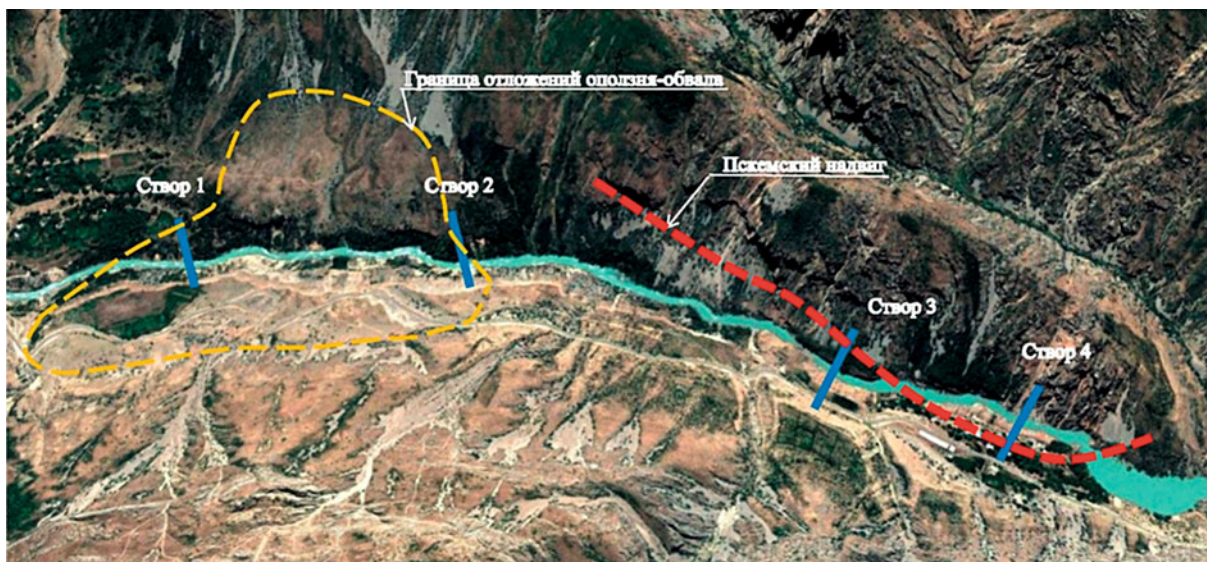


Рис. 2. Схема расположения границ оползня-обвала

включением конкреций и пропластков чёрных и светлых кремней.

Известняки дислоцированы в пологие складки, с наклоном слоёв от реки в глубь бортов под углом до 30° . Известняки сильно трещиноватые, по-видимому, в связи с их близостью к зонам региональных тектонических нарушений (Пскемский надвиг на левом берегу и Каржантауский надвиг на правом берегу). Зоны этих разломов повсеместно перекрыты мощным чехлом четвертичных отложений, и лишь Пскемский надвиг удаётся непосредственно наблюдать на участке расположения погранзаставы, где он пересекает русло р. Пскем.

Прирусловая часть долины преимущественно V-образная, местами каньонообразная. Ширина реки до 50 м. В нижней части береговых обрывов обнажаются неогеновые отложения, представленные чередующимися слоями мергелистых глин и алевролитов, с прослоями разнозернистых песчаников и среднегалечных конгломератов. Мощность отдельных слоёв — 1–3 м.

Вблизи устья р. Каусай на левом и правом берегах реки, а также вблизи устья р. Мачитасгонсай обнажаются грубослоистые средне- и крупно-галечниковые конгломераты мощностью несколько десятков, возможно, до 100 м, предположительно отделённые от левобережного карбонатного массива зоной Пскемского разлома.

Вблизи устья р. Каусай эта толща конгломератов залегает моноклинально, наклонена в сторону нижнего бьефа с падением в левый борт под углом $45–50^\circ$.

На левом борту долины р. Пскем ниже бывшей погранзаставы эти конгломераты круто падают к руслу и, возможно, залегают с угловым несогласием на древней поверхности выравнивания. В этом случае Пскемский разлом должен выходить на по-

верхность ниже, возможно, в русле реки. В целом, неогеновые отложения смяты в крупные складки, шарниры которых ориентированы в субмеридиональном направлении, косо по отношению к простиранию впадины.

Практически на всём рассматриваемом участке долины р. Пскем оба борта долины р. Пскем до абсолютных отметок 950–960 м сложены отложениями неогена, и только на участке бывшего размещения погранзаставы протяженностью около 500 м, где Пскемский надвиг, разделяющий отложения палеозоя и неогена, с левого берега переходит на правый, а затем снова на левый, оба борта реки слагает толща известняков кибрайской свиты нижнетурнейского подъяруса (C_{1vkB}).

Породы неогена и палеозоя образуют коренной цоколь аллювиальных террас.

Ходжикентская терраса развита фрагментарно по обоим берегам долины с абс. отметками поверхности 933–960 м. Терраса сложена галечниками (мощность ~ 5 м) с включением валунов до 30 % с песчано-гравийным заполнителем до 25 %. Аллювиальные галечники с поверхности перекрыты маломощным (до 1 м) покровом суглинков.

Отложения аллювиальной террасы, соответствующие Голодностепскому эрозионно-аккумулятивному комплексу (верхнечетвертичный возраст), развиты также фрагментарно. Сложена терраса галечниками, местами сцементированными до конгломератов, мощностью до 95 м. Соотношение конгломератов и галечников в толще аллювия соответственно 70 и 30 %. У подножья уступа верхнечетвертичной террасы повсеместно сформированы осыпи, состоящие из аллювиальной гальки, обломков конгломератов мощностью до 10 м.

По результатам обобщения комплекса геолого-геоморфологических, сейсмотектонических и

сейсмологических данных сейсмическая опасность всего района строительства Муллалакского гидроузла оценивается в 9 баллов на грунтах второй категории по сейсмическим свойствам и без учёта влияния рельефа.

Рельеф долины р. Пскем в общих чертах отражает рельеф Западного Тянь-Шаня, для которого характерны межгорные впадины, окружённые высокими горами. Развитие рельефа обусловлено в основном эрозионной и эрозионно-аккумулятивной деятельностью, этапы которой полностью подчинены тектоническим движениям. Неравномерный характер тектонических движений выразился в образовании террас.

После проведения рекогносцировочного обследования и изучения материалов Схемы признано нецелесообразным размещение сооружений головного водозаборного узла в зоне распространения отложений Муллалакского оползня-обвала из-за возможной дестабилизации тела оползня при проходке глубоких котлованов сооружений во время строительства, а также при заполнении водохранилища.

Всего было рассмотрено пять створов с приплотинной и плотинно-деривационной компоновками гидроузла. В результате предварительного технико-экономического сравнения был выбран створ № 2а с приплотинной компоновкой здания ГЭС в руслевой части.

В таблице приведены основные параметры Муллалакской ГЭС.

Сооружению Муллалакской ГЭС благоприятствует ряд факторов: в настоящее время начато строительство Пскемского гидроузла [3], расположенного в 10 км выше по течению р. Пскем с водохранилищем сезонного регулирования и с аналогичным составом сооружений; небольшая удалённость от действующей Чарвакской ГЭС и промышленных баз Ташкентского региона; хорошая транспортная доступность; близость к центру нагрузок энергетических потребителей.

В состав сооружений Муллалакской ГЭС с бетонной плотиной входят:

глухая бетонная гравитационная плотина, состоящая из 19 секций шириной по 16,00 м и максимальной высотой 90,00 м; водосбросной секции плотины, шириной 20,00 м, расположенной на левом берегу, с размещением строительного водосброса (СЭВ) с двумя ярусами оголовков на отметках 901,00 и 932,00 м; двух станционных секций плотины шириной по 16,00 м, расположенных в руслевой части створа, в которых размещаются водоприёмник и напорные водоводы ГЭС (отметка порога водоприёмника равна 949,00 м);

строительно-эксплуатационный водосброс (СЭВ);

энергетический тракт;

станционный узел — приплотинное здание ГЭС, отличное от варианта с грунтовой плотиной: конструктивно-компоновочное решение секции бетонной плотины с энергетическим трактом обеспечивает индивидуальный подвод воды к агрегатам, что позволяет отказаться от предтурбинных затворов и сократить габариты здания ГЭС;

ОРУ 220 и 500 кВ со зданием общеподстанционного пункта управления.

Бетонная гравитационная плотина. Бетонная гравитационная плотина в плане показана на рис. 3.

Максимальная высота бетонной плотины 90,00 м. Плотина состоит из 19 секций по 16,00 м и одной секции 20,00 м (рис. 4) при общей длине 324,00 м. Заложение верхового откоса 1:0,2, низового откоса 1:0,8.

Ширина гребня глухих секций плотины принята 15,00 м из условия прохождения через плотину автомобильного переезда (рис. 5). Ширина гребня водосливных и станционных секций, по условиям компоновки на гребне механического оборудования СЭВ и водоприёмника ГЭС, принята 32,6 м. Расчёты прочности и устойчивости бетонной плотины на основные и особые сочетания нагрузок выполнены с учётом принятой конфигурации гребня плотины.

Строительно-эксплуатационный водосброс (СЭВ). СЭВ предназначен для пропуска расходов р. Пскем в период эксплуатации и строительства гидроузла. Расчётные максимальные расходы воды Муллалакской ГЭС в эксплуатационный и строительный периоды назначены с учётом её класса ответственности и расположения в каскаде.

Расчётные максимальные расходы различной обеспеченности в створе Муллалакского гидроузла приведены в таблице.

Пропуск максимального расхода воды для основного расчётного случая и поверочного расчётного случая обеспечивается с учётом пропускной способности гидротурбин ГЭС, т.е. СЭВ в период постоянной эксплуатации пропускает расход $Q = 787 \text{ м}^3/\text{с}$.

Часть сооружений СЭВ (два туннеля длиной 114,50 м, сечением 5,00 × 6,00 м от входного оголовка с порогом на отметке 901,00 м до бетонной плотины), предназначенная для пропуска расходов только строительного периода, отнесена к временным сооружениям IV класса. Ежегодная вероятность превышения расчётных максимальных расходов воды для таких сооружений принимается 10 % при сроке эксплуатации до 10 лет.

СЭВ расположен на левом берегу.

В состав СЭВ входят следующие сооружения:

Основные параметры Муллалакской ГЭС

№	Наименование	Показатели
I	Местоположение объекта	
	Страна	Республика Узбекистан
	Регион	Ташкентская обл., Бостанлыкский район
	Река	р. Пскем
II	Гидрология	
	Среднеголетний сток реки в створе г/у, млн. м ³	2 380
	Среднеголетний сток между створами Пскемской и Муллалакской ГЭС, млн. м ³	195
	Среднеголетний расход р. Пскем в створе, м ³ /с	75,4
	Среднеголетний расход боковой приточности р. Пскем между створами Пскемской и Муллала ГЭС, м ³ /с	6,18
	Максимальные расходы различной обеспеченности, м ³ /с:	
	0,01 % с гарант. поправкой (Пскемская ГЭС)	1003,0
	0,1 %	665,0
	0,5 %	560,0
	1 %	514,0
	10%	372,0
III	Назначение гидроузла	Энергетика/иригация
IV	Характеристика водохранилища	
	НПУ	978,00
	УМО	935,00
	Площадь зеркала при НПУ, км ²	1,8
	Объём водохранилища полный, млн. м ³	44,0
	Объём водохранилища полезный, млн. м ³	38,5
	Протяженность по руслу, км	10,0
V	Водноэнергетические показатели	
	Установленная мощность, МВт	2 × 70 = 140
	Среднеголетняя выработка электроэнергии, млн. кВт · ч	397,5
	Выработка маловодного года 90 %, млн. кВт · ч	293,5
	Расчётный напор ГЭС нетто, м	73,0
	Расчётный расход ГЭС, м ³ /с	2 · 10 ⁸ = 216
VI	Сооружения гидроузла	
	Класс сооружений	Первый
	Расчётная сейсмичность	ПЗ – 8 баллов, МРЗ – 9 баллов
	Состав сооружений	Гравитационная бетонная плотина СЭВ с водозаборным оголовком в бетонной плотине Водозаборные оголовки для ГЭС в бетонной плотине Наземное здание ГЭС ОРУ 220 и 500 кВ

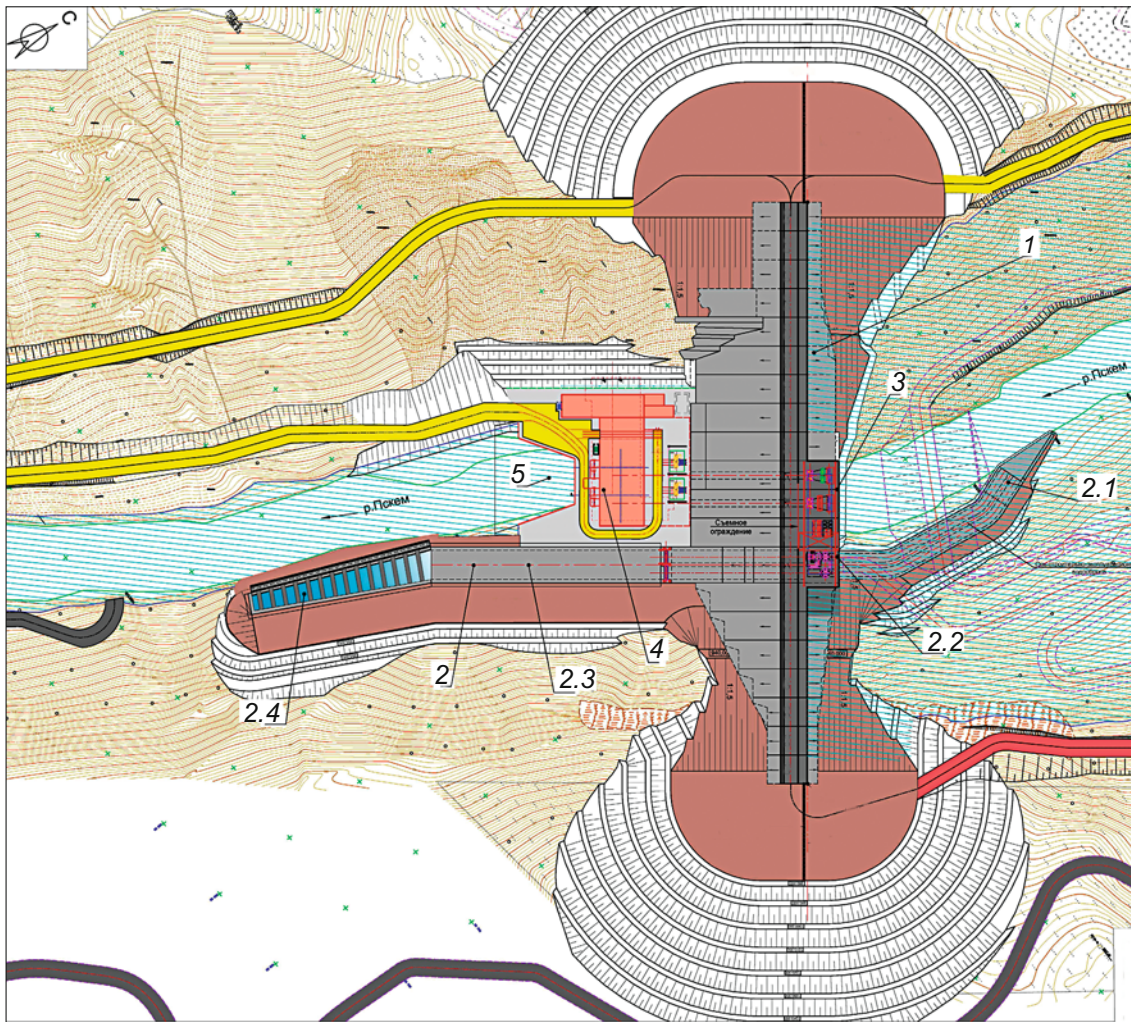


Рис. 3. Бетонная плотина. План: 1 — бетонная гравитационная плотина; 2 — строительно-эксплуатационный водосброс (СЭВ); 2.1 — входной оголовок; 2.2 — водоприёмник СЭВ; 2.3 — водобойный колодец; 2.4 — боковой водослив; 3 — водоприёмник ГЭС; 4 — здание ГЭС; 5 — отводящий канал

два туннеля длиной 114,50 м от входного оголовка с порогом на отметке 901,00 м до бетонной плотины, используемых только в строительный период. Входной оголовок оборудован затворами;

секция бетонной плотины длиной 97,5 м с двумя туннелями на отметке 900,580 м для пропуска строительных расходов и с водоприёмником с отметкой порога 932,00 м для пропуска эксплуатации

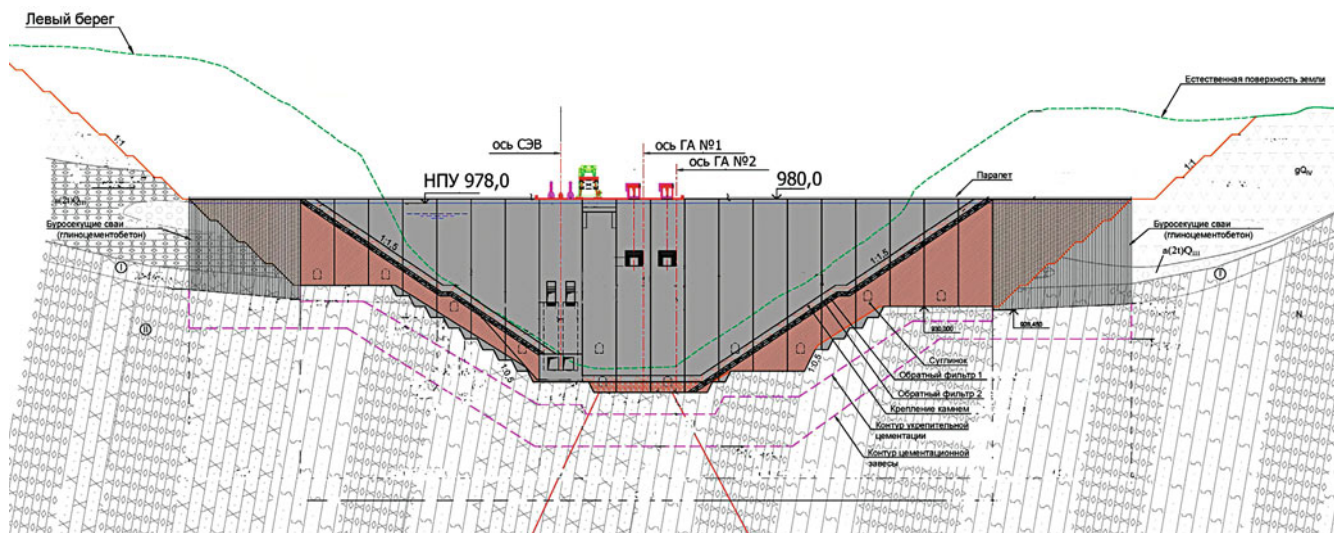


Рис. 4. Разрез по плотине

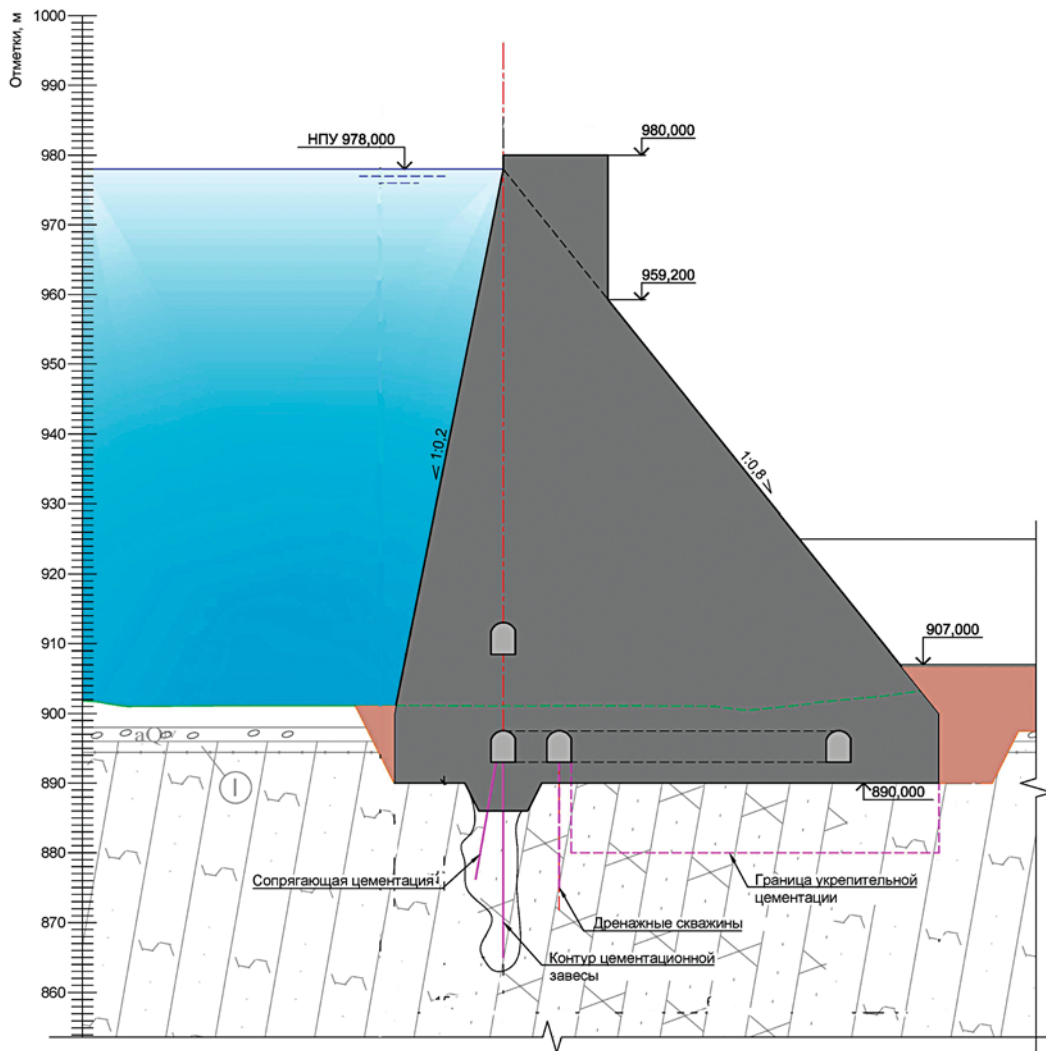


Рис. 5. Разрез по глухой секции

онных расходов. В конце туннелей строительного водосброса в пределах секции бетонной плотины предусмотрена возможность установки затвора для устройства пробок;

водобойный колодец шириной 16,00 м, длиной 126,10 м, используемый в строительный и эксплуатационный период;

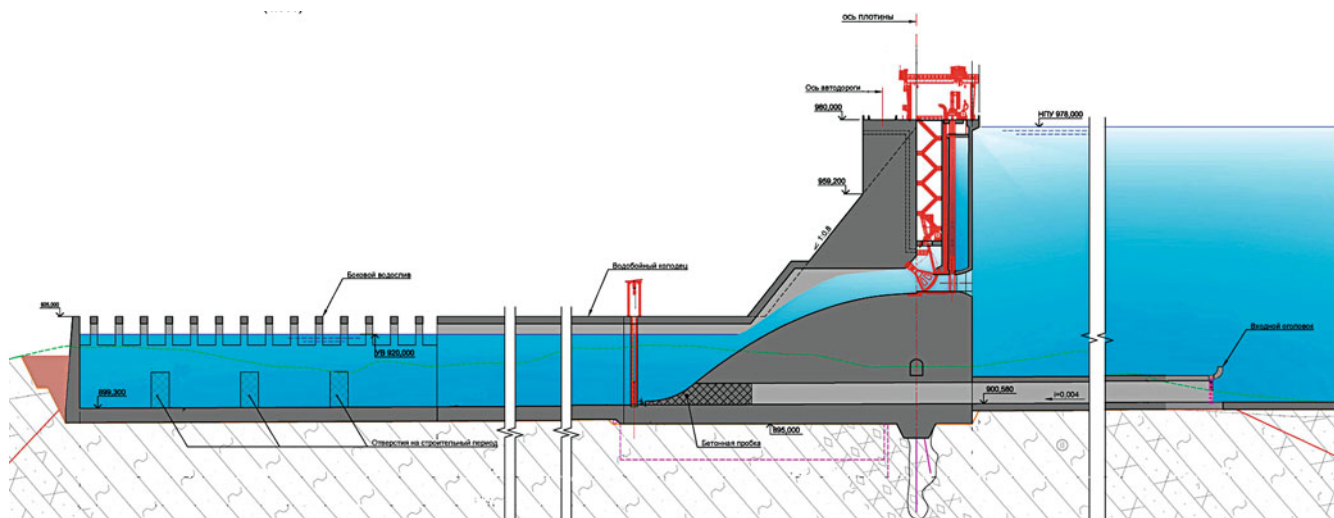


Рис. 6. Продольный разрез по СЭВ

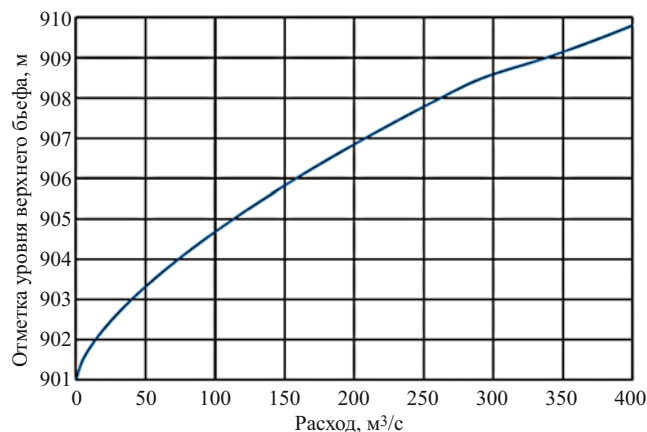


Рис. 7. Пропускная способность СЭВ в строительный период

боковой водослив длиной 100,00 м и отметкой гребня 916,50 м, используемый в строительный и эксплуатационный период.

Продольный профиль строительно-эксплуатационного водосброса представлен на рис. 6.

Режим работы строительного водосброса с отметкой порога 901,00 м нерегулируемый. Затворы используются только для последовательного перекрытия туннелей на период устройства пробок в бетонной плотине.

Пропускная способность СЭВ в строительный период приведена на рис. 7. Расчётный расход строительного периода $Q_{10\%} = 372 \text{ м}^3/\text{с}$ пропускается при уровне верхнего бьефа на отметке 909,50 м.

Водоприёмник СЭВ с отметкой порога 932,00 м для пропуска эксплуатационных расходов имеет два водопропускных отверстия размером $b \times h = 4,0 \times 4,75 \text{ м}$. Водоприёмник оборудован дву-

мя плоскими аварийно-ремонтными и двумя рабочими сегментными затворами с гидроприводами. Непосредственно за сегментным затвором устраивается порог, обеспечивающий подвод воздуха. Обслуживается механическое оборудование козловым электрическим краном г. п. 40/10 т, который обслуживает и механическое оборудование водоприёмника ГЭС.

За сегментными затворами на низовой грани бетонной плотины расположены две нитки водослива (быстротока) шириной 7,00 м каждая.

Гашение энергии сбросного потока осуществляется в водобойном колодце. Сопряжение бьефов происходит в форме затопленного гидравлического прыжка при максимальной отметке уровня воды в пределах водобойного колодца 918,70 м. С учётом захвата воздуха и разбухания потока за счёт аэрации прогнозируется увеличение уровня воды примерно на 12 % до отметки 920,60 м.

Сброс потока из водобойного колодца в реку происходит через боковой водослив практического профиля с отметкой порога 916,50 м. Боковой водослив располагается параллельно руслу реки.

При пропуске максимального расхода скорость потока при его входе в русло реки с бокового водослива будет достигать 12,0 м/с. Для защиты от подмыва боковой водослив со стороны русла реки укрепляется тетраподами.

На строительный период в стенке бокового водослива предусмотрены три отверстия с отметкой порога 899,30 м, которые должны быть забетонированы после завершения строительного периода.

Энергетический тракт. Водоприёмник ГЭС расположен в двух русловых секциях бетонной

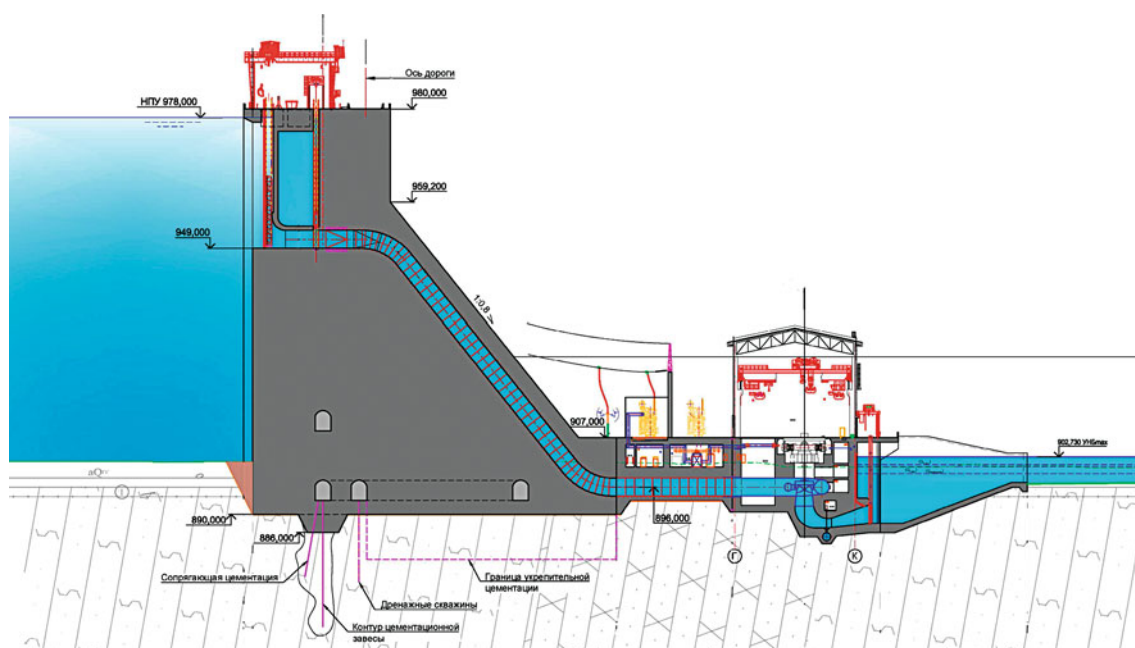


Рис. 8. Продольный разрез по энергетическому тракту



Рис. 9. Здание ГЭС

плотины. Водоприёмник обеспечивает подвод необходимого количества воды к турбинам ГЭС.

Отметка порога водоприёмника 949,00 м назначена из условия обеспечения устойчивого напорного режима в водоводе ГЭС при диапазоне уровней водохранилища 978,00 – 960,00 м, а также из условия недопущения в энергетический водовод твёрдого стока.

Водоприёмник ГЭС включает две сороудерживающие решётки, в паз которых может устанавливаться ремонтный затвор; два аварийно-ремонтных затвора; канатный механизм.

Механическое оборудование обслуживается козловым электрическим краном г. п. 40/10 т. Кран оборудован грейфером для очистки сороудерживающей решетки. Козловой кран обслуживает также и механическое оборудования водоприёмника СЭВ.

Водоприёмник ГЭС соединён с турбинами двумя металлическими водоводами диаметром 4,00 м, установленными в теле плотины.

Разрез по энергетическому тракту показан на рис. 8.

Станционный узел. Станционный узел расположен в русловой части р. Пскем в примыкании к низовому откосу бетонной плотины. Местоположение станционного узла определено общей компоновкой гидроузла, геологическими и топографическими условиями площадки, размещением водоподводящих и водосбросных сооружений, условиями сопряжения в нижнем бьефе.

В состав станционного узла входят следующие сооружения:

1. Здание ГЭС приплотинного типа, состоящее из агрегатного блока, общего для двух агрегатов и блока монтажной площадки.

2. Трансформаторная площадка с блоком электротехнических помещений под ней.

3. Отводящий канал.

4. Здания и сооружения (АБК, мехмастерские, компрессорная) на станционной площадке.

Отметка станционной площадки 907,0 м.

В здании ГЭС устанавливаются два вертикальных агрегата с вертикальными радиально-осевыми турбинами диаметром 3,3 м, мощностью 70 МВт каждый при расчётном напоре 73 м. Размеры здания ГЭС вдоль потока составляют 29,90 м, поперёк потока — 50,63 м. Подвод воды от водоприёмника ГЭС в секции бетонной плотины к гидротурбинам осуществляется двумя индивидуальными турбинными водоводами $D_n = 4000$ мм.

Трансформаторная площадка с блоком технологических помещений под ней располагается со стороны верхнего бьефа, в пазухе, образованной бетонной плотиной и агрегатной частью здания ГЭС.

Отводящий канал ГЭС выполнен в виде ковша и предназначен для обеспечения плавного сопряжения отсасывающей трубы с дном реки (отметка 898,000 м). Ковш, расширяющийся в плане, имеет длину 30 м. Ковш представляет собой рамную конструкцию с отметкой дна на выходе из отсасывающей трубы 887,960 м и уклоном 1:2. От здания ГЭС конструкция ковша отделена деформационным швом.

Верхнее строение здания ГЭС состоит из машинного зала и блока служебно-производственных

помещений (БСПП), включающих АБК, мехмастерские и компрессорную. БСПП примыкает к зданию ГЭС со стороны правого берега. Основанием верхнего строения машзала являются гидротехнические железобетонные конструкции, основанием БСПП — качественная насыпь.

Здание ГЭС состоит из двух функциональных частей: машзала и блока служебно-производственных помещений (БСПП). Фасадные решения подчеркивают разделение здания на две части, объединяя их едиными стилевым и цветовым решениями. Объём машзала возвышается над объёмом БСПП. Фасады машзала решены в лаконичном стиле, крупными акцентами на фасадах являются витражи, обрамлённые декоративными 3D панелями из стеклофибробетона белого цвета (рис. 9). Нижняя глухая часть фасадов машзала отделана фасадными ламелями, также белого цвета.

ОРУ 220 и 500 кВ. ОРУ 220 и 500 кВ расположено в верхнем бьефе на правом берегу р. Пскем на отметке 1002,50 м. Площадки ОРУ разделены зданием ОПУ (общеподстанционного пульта управления). Подъезд к ОРУ осуществляется с автодороги Пскем — Чарвак. На время строительства площадка ОРУ используется в качестве стройбазы.

Выводы

1. Техничко-экономическое обоснование Муллалакской ГЭС выполнено на основании проектно-изыскательских работ в соответствии с техническим заданием и требованиями законодательства Республики Узбекистан.

2. Разработка ТЭО выполнялась в несколько этапов с утверждением каждого этапа на ОНТС АО

“УзбекГидроЭнерго”. В рамках разработки ТЭО выполнено вариантное проектирование в части выбора створа ГЭС, выбора типа плотины гидроузла, выбора основных компоновочных решений гидроузла.

3. Рекомендован к строительству вариант с бетонной плотиной из вибрированного бетона со следующим составом основных сооружений гидроузла: глухая бетонная гравитационная плотина, состоящая из 19 секций шириной по 16,00 м и максимальной высотой 90,00 м; водосбросная секция плотины шириной 20,00 м, расположенная на левом берегу, с размещением строительно-эксплуатационного водосброса с двумя ярусами оголовков на отметках 901,00 и 932,00 м; две станционные секции плотины, расположенный в русловой части створа, в которых размещаются водоприёмник и напорные водоводы ГЭС; приплотинное здание ГЭС; ОРУ 220 и 500 кВ.

Список литературы

1. *Гидроэнергетические объекты двенадцатой пятилетки и их роль в решении Энергетической программы СССР на данном этапе.* — М.: Институт “Гидропроект”, 1987. — 1968 с.
2. Сангинов А. А. Выбор варианта конструкции плотины Пскемской ГЭС // Гидротехника. 2020. № 4. С. 14 – 17.
3. Сангинов А. А., Кабиров В. К., Естифеева А. Г. Перекрытие реки Пскем при строительстве Пскемской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2022. № 9. С. 10 – 16.
4. Подвысоцкий А. А., Саинов М. П., Кириченко А. Ю. Сравнение работоспособности типов грунтовой плотины для условий Муллалакской ГЭС // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. Вып. 2. С. 202 – 219.